

# 高中化学关键能力的内涵及构成要素研究\*

杨季冬, 王后雄

(华中师范大学化学教育研究所, 湖北武汉 430079)

**摘要:** 高中化学关键能力是众多化学学科能力要素中处于中心位置、最重要、最有价值、能起决定作用的能力, 它的价值不在于“全面”而在于“关键”, 学生在高中化学学习过程中应当逐步获得, 它是化学核心素养的重要组成部分。通过对 24 名专家进行调查, 确定高中化学关键能力的构成要素为: 化学表征能力、实验与探究能力、化学方法和分析能力、化学信息处理能力、发现与提出问题能力、证据推理与论证能力、模型认知能力。

**关键词:** 高中化学; 关键能力; 核心素养; 构成要素

**文章编号:** 1005-6629(2019)4-0003-05

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

2016 年《中国学生发展核心素养》正式发布, 指出学生发展核心素养, 主要是指学生应具备的, 能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力。2017 年 9 月中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于深化教育体制机制改革的意见》, 明确提出“要注重培养支撑终身发展、适应时代要求的关键能力。在培养学生基础知识和基本技能的过程中, 强化学生关键能力培养。”2017 年底发布的《普通高中化学课程标准》, 指出“学科核心素养是学科育人价值的集中体现, 是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力”<sup>[1]</sup>。《2018 年普通高等学校招生全国统一考试大纲(总纲)》明确“必备知识、关键能力、学科素养、核心价值”四层考查内容<sup>[2]</sup>。从这些重要文本的表述可以看到“关键能力”一词多次被提及, 可以毫不夸张地说, 关键能力对于青少年的成长、发展有着举足轻重的作用。

学生关键能力的培养是要在具体的学科中“落地”, 《普通高中化学课程标准》(2017 年版) 中虽四次提到“关键能力”, 但并未明确界定。高中化学关键能力的内涵及其构成要素有待深入探讨。

## 1 高中化学关键能力的内涵

如今核心素养在我国教育领域已经成为了热词, 而关键能力也与其有着密切联系。因此, 要明

晰关键能力的内涵, 就要理顺核心素养与关键能力的关系。为此, 将首先分述核心素养与关键能力, 然后讨论它们之间的关系, 并提出高中化学关键能力的内涵及要素。

经济与合作发展组织(OECD)在素养的界定与遴选的项目(Definition and selection of competencies: Theoretical and Conceptual Foundations, 简称为“De Se Co”)中指出, 核心素养是为了提高面对复杂情况时的问题解决能力, 以适应高速发展的信息时代和复杂多变的未来社会<sup>[3]</sup>。随后, 该组织将素养分为互动的实用工具、在社会异质团体中互动、自主行动, 其中每一素养又具体分为了三个具体条目。2005 年, 欧盟发布了《终身学习核心素养: 欧洲参考框架》(Key Competences: A European Reference Framework), 其中提到核心素养是为了让年轻人能够应对成人生活, 并为未来的学习和工作打下基础。在该框架中指出八项核心素养, 包括能使用母语交流、能使用外语交流、数学素养与基本的科学技术素养、数字素养、学会学习、社会与公民素养、主动意识与创业精神、文化意识与表达<sup>[4]</sup>。另外, 美国、新加坡、芬兰、中国香港、中国台湾、中国大陆等国家及地区也都各自建立了核心素养框架。其中, 我国在 2016 年发布的《中国学生发展核心素养》文件中指出, 核心素养是以培养“全面发展的人”为核心, 分为文化基础、自主发展以及社会参与三个方面。为了落实核心

\* 本研究是华中师范大学重点项目“学科教学论教师教学实践共同体协同模式与实践研究”(20170626)、华中师范大学教师教育重大科研课题及创新示范基地培育项目“学科教学论师资队伍共同体持续发展的有效机制研究”(20170901)成果阶段性成果。

素养,我国重新修订了高中各科课程标准,从而形成学科核心素养,比如化学核心素养被界定为化学学科育人价值的集中体现,是学生通过化学学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力。

“关键能力”是在上世纪70年代,由德国联邦劳动市场与职业研究所所长梅腾斯提出,其德文为“Schlüsselqualifikationen”,该词组有“关键职业资质”的含义,因此他强调关键能力要对从业者未来具有巨大作用,包括基础能力、职业拓展性要素、信息获取和加工能力、时代关联性要素<sup>[5]</sup>。之后英国、美国、澳大利亚、日本、中国等国也都面向职业教育对关键能力进行探讨。尹金金等人通过研究多国对关键能力提出的具体能力要求认为,尽管各国对关键能力的定义不同,但是具有一些共同特征:关键能力所强调的是工作的胜任力和职业的适应性;关键能力的内涵不仅仅是个体的一般智能结构,也包括非智力因素;关键能力强调培养学生在组织中的学习、工作和共同活动的的能力,是能力本位教育思想内涵的延伸<sup>[6]</sup>。因此,关键能力实际上强调年轻人在未来的职业胜任所需的必备能力,这些能力对学生适应未来不断发展的社会至关重要。

由上述分析发现,“关键能力”侧重于职业技能与从业能力,主要体现了其工具性。这与“核心素养”有着一定的关联性,但只是代表了“核心素养”的“技能”部分<sup>[7]</sup>。在本研究中,我们认为关键能力是核心素养重要组成部分,并与价值观、品格应有所区别。就高中化学学科而言,化学关键能力应与化学核心素养相关联,基于化学特定的认知或特定的活动将能力发展目标具体化。首先高中化学关键能力应该是具有学科性的,即它是化学学科能力的有机组成部分。其次应该具有关键性,“关键”本意为门闩或关闭门户的横木,比喻事物至为紧要的部分,对情况起决定作用的因素,所以化学关键能力是众多化学学科能力中重要的部分。综上所述,高中化学关键能力是指在众多化学学科能力要素中处于中心位置、最重要、最有价值、能起决定作用的能力,它的价值不在于“全面”而在于“关键”,学生在高中化学学习过程中应当逐步获得,它是化学核心素养的重要组成部分。

## 2 高中化学关键能力要素

本研究对高中化学关键能力要素的确定将采用以下路径,首先通过文献法归纳总结出化学学科能够培养哪些能力,然后对24名专家进行调查,从而对高中化学关键能力进行确认。

### 2.1 归纳化学学科能力

在我国,探讨学科能力的时间较早。根据林崇德的说法,化学学科能力是学生的智力、能力与化学学科的有机结合,是学生的智力、能力在化学学科中的具体体现<sup>[8]</sup>。化学学科能力,首先要揭示化学的特殊性,找出最能直接体现这种化学的特殊要求与特殊问题的一般能力。

王后雄、司马兰等把“智力—知识—技能—科学方法”能力理论与化学学科特点相结合构建出观测与实验能力、化学学习能力、化学思维能力、科学探究能力、实践与创新能力的化学能力结构<sup>[9]</sup>。王祖浩、杨玉琴根据化学学科的特殊要求将化学学科能力归结为模型思维能力、实验探索能力、定量研究能力、符号表征能力<sup>[10]</sup>。陆军依据化学学科的特点、学习过程的主要活动以及化学知识与有关方法的关系,将化学学科归结为观察能力、实验能力、问题解决能力和思维能力四个方面<sup>[11]</sup>。王磊、支瑶通过概括化学学科的认识活动和问题解决活动,认为化学学科能力包括3个能力主层和9个能力亚层:学习理解(辨识记忆、概括关联、说明论证)、应用实践(分析解释、推论预测、简单设计)、迁移创新(复杂推理、系统探究、创新思维)<sup>[12]</sup>。通过已有的研究可以看出,从不同角度对该问题进行思考会得出不同的化学学科能力体系,但这些结论能为我们研究关键能力提供重要的线索和依据。

课题组成员对上述提出的化学学科能力经过讨论后得出以下十个能力作为高中化学关键能力的备选项,分别是:(1)实验与探究能力;(2)化学表征能力;(3)化学方法和分析能力;(4)模型认知能力;(5)证据推理与论证能力;(6)化学信息处理能力;(7)微观想象能力;(8)化学计量与计算能力;(9)发现与提出问题的能力;(10)应用及创新能力。这十个备选项都属于高阶能力,覆盖面较广,能很好体现化学学科特点。

### 2.2 获取化学关键能力途径

对专家进行问卷调查是本研究的关键步骤,

参与本研究的专家组人数为24人,其中高中化学特级教师14人,市化学教研员2人,高校化学课程与教学论研究者(均具有副教授及以上职称)8人。

在问卷中,我们首先说明了调查目的和关键能力的内涵,然后两个调查问题是:(1)请您在上述10个能力中挑选能够作为关键能力的4~5个能力,并排序(重要在先);(2)您认为上述相关能力的说法是否需要改动或补充,如有请列出。我们通过邮件的方式让各位专家进行填写,然后回收,用时为10天。

### 2.3 确认化学关键能力要素

课题组首先针对问卷中的第(2)题进行处理。专家对于相关能力的补充较少,其中有些可以归入上述十种能力,比如有专家提出补充“观察能力”,可认为是“实验与探究能力”中的一个子能力,有专家提出补充“语言表达与交流能力”,可归于“化学表征能力”。另外有专家提出“自我反省力”,这对于化学学科关键能力来说学科性并不强。因此,经过慎重讨论与归纳,我们将对十个备选能力进行数据分析。

在对多选排序题进行处理时,我们对选择位数赋予了一定的权数,第一位的权数为5,第二位的权数为4,第三位的权数为3,第四位的权数为2,第五位的权数为1。比如某位专家选择的顺序是:模型认知能力>化学信息处理能力>证据推理与论证能力>化学方法和分析能力>微观想象能力,那么模型认知能力积5分,化学信息处理能力积4分以此类推,而未被选中的能力则按0分计。另外需要说明的是,若某一专家指选择了四个能力作为关键能力排序,那么分别记为5分,4分,3分,2分,其余为0分。然后我们对每一个能力进行总分计算,总分= $\Sigma$ (排位次数 $\times$ 排位权数)。根据上述规则,我们用表1将每一能力排位的次数呈现出来,并按照总分由高到低进行了排序。

根据表1中总分的高低可以将十个能力大致划分为3个梯队。第一梯队为化学表征能力、实验与探究能力,这两个能力分数高,并且被选次数也高,这说明专家对此两项能力作为高中化学关键能力十分认同。第二梯队为化学方法和分析能力、化学信息处理能力、发现与提出问题能力、证

据推理与论证能力、模型认知能力,这五项能力得分较高,被选次数也较高,而且它们彼此之间的分数与被选次数非常接近,这说明专家对此五项能力作为高中化学关键能力也有一定的认同度。第三梯队为微观想象能力、应用及创新能力、化学计量与计算能力,这三项能力分数低于前面7项能力,且差距较大。虽然权数有一定的主观成分,但是它们的被选次数也很低,如微观想象能力,被选次数仅为5,这说明24位专家中有19位专家认为不该将其排在前列作为关键能力,因此,专家对此三项能力作为高中化学关键能力不太认同。综合分析,将排在前7位的能力作为关键能力是比较合理,即高中化学关键能力构成要素包括:化学表征能力、实验与探究能力、化学方法和分析能力、化学信息处理能力、发现与提出问题能力、证据推理与论证能力、模型认知能力。

表1 专家调查结果统计

|            | 第一位 | 第二位 | 第三位 | 第四位 | 第五位 | 被选次数 | 总分 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
| 化学表征能力     | 9   | 1   | 2   | 2   | 3   | 17   | 62 |
| 实验与探究能力    | 3   | 4   | 6   | 3   | 0   | 16   | 55 |
| 化学方法和分析能力  | 2   | 2   | 4   | 7   | 0   | 15   | 44 |
| 化学信息处理能力   | 2   | 3   | 3   | 5   | 2   | 15   | 43 |
| 发现与提出问题的能力 | 2   | 4   | 3   | 2   | 3   | 14   | 42 |
| 证据推理与论证能力  | 3   | 4   | 1   | 0   | 4   | 12   | 38 |
| 模型认知能力     | 3   | 3   | 1   | 3   | 2   | 12   | 38 |
| 微观想象能力     | 0   | 1   | 3   | 0   | 1   | 5    | 14 |
| 应用及创新能力    | 0   | 2   | 0   | 1   | 2   | 5    | 12 |
| 化学计量与计算能力  | 0   | 0   | 1   | 1   | 2   | 4    | 7  |

### 3 高中化学关键能力讨论

本文对核心素养与关键能力的关系进行梳理,界定了高中化学关键能力。通过专家问卷调

查,确定7项高中化学关键能力的要素。在此我们将高中化学关键能力具体分述如下<sup>[13]</sup>:

(1) 化学表征能力: 涉及化学规范用语和使用,能够通过宏观、微观、符号、曲线对化学事物进行表征,并理解对同一化学事物各种表征的联系。如元素符号、原子结构示意图、结构式、热化学方程式、电极反应式、离子方程式等。

(2) 实验与探究能力: 从问题和假设出发,确定探究目的,设计探究方案,运用化学实验、调查等方法进行探究,独立完成探究。如设计合理实验方案,对实验现象的观察,实验仪器的操作,处理实验数据,对实验过程、现象、结论的正确描述等。

(3) 化学方法和分析能力: 对化学知识进行概括、判断、比较等,能从多角度、动态的、宏微结合的视角分析与解决实际问题。如对化学概念的概括,对元素及其化合物知识总结归纳,掌握物质结构与性质的关系,科学解释化学现象,运用化学原理解决实际问题等。

(4) 化学信息处理能力: 包括接受、整合、交流、评价信息,从提供的新信息中准确提取实质性内容,并与已有知识整合,重组为新知识块的能力,能与同伴沟通交流科学信息并能根据已有知识做出合理评价。

(5) 发现与提出问题能力: 具有探索未知、崇尚真理的意识,敢于质疑、勇于创新,能够从化学情境中发现、提出有价值的问题。如对资料中某一概念、描述、定义等的质疑,对实验中出现的“异常”现象的思考,对理论计算与事实之间差距的猜测等。

(6) 证据推理与论证能力: 具有证据意识,能够收集证据,基于证据对物质组成、结构及其变化提出可能的假设,通过分析推理加以证实或证伪;具有建立观点、结论和证据之间的逻辑关系的能力。如预测反应进行的方向,再通过合理的实验或者理论对预测进行论证,以维护主张。

(7) 模型认知能力: 通过分析、推理等方法认识研究对象的本质特征、构成要素及其相互关系建立模型,并能用模型解释化学现象,揭示现象本质。如通过实物模型认识有机分子的结构,建立元素“位置—结构—性质”的认知模型等。

上述7个能力并不是彼此孤立的,而是具有

一定的联系,它们立足高中生化学学习过程,各有侧重,相辅相成。化学表征能力、发现与提出问题能力、证据推理与论证能力、模型认知能力,主要关注学生思维层面,增强学生认知能力;实验与探究能力、化学方法和分析能力、化学信息处理能力,主要是关注学生操作层面,增强学生应用能力。

通过实证得出的7个高中化学关键能力证实了以往文献中某些能力的重要性,这些关键能力有助于教师在进行教学设计时更有针对性,也有助于增强学生未来的竞争力。从结果来看,并不是所有的化学学科能力都能成为化学关键能力,只有那些最重要、最有价值、能起决定作用的能力,才被认为是关键能力。本研究确认的7个高中化学关键能力的构成要素,可以视为核心素养与考试大纲的融合版本,也很好体现了关键能力是核心素养的重要组成的观点。众所周知,化学核心素养有五点内容,考试大纲则提出三点能力,我们将举例说明七项关键能力与它们的联系,具体如表2所示。如化学方法和分析能力,在化学核心素养“宏观辨识与微观探析”、“变化观念与平衡思想”中有所体现,同时也与考试大纲中“分析和解决化学问题的能力”有关联。由此可见,该结果与前文对关键能力的界定是相符的。

表2 化学关键能力与核心素养、考试大纲联系举例

| 关键能力       | 核心素养                   | 考试大纲                       |
|------------|------------------------|----------------------------|
| 化学表征能力     | 宏观辨识与微观探析              | 分析和解决化学问题的能力               |
| 实验与探究能力    | 科学探究与创新意识              | 化学实验与探究的能力                 |
| 化学方法和分析能力  | 宏观辨识与微观探析<br>变化观念与平衡思想 | 分析和解决化学问题的能力               |
| 化学信息处理能力   | 证据推理与模型认知              | 接受、吸收、整合化学信息的能力            |
| 发现与提出问题的能力 | 科学探究与创新意识              | 化学实验与探究的能力                 |
| 证据推理与论证能力  | 证据推理与模型认知              | 化学实验与探究的能力<br>分析和解决化学问题的能力 |
| 模型认知能力     | 证据推理与模型认知              | 分析和解决化学问题的能力               |

(下转第12页)

语言学和统计学的角度切入对课标文本进行数据挖掘。研究发现:

(1) 新课标中最关注的词化学学科特色明显,“选修课程”“高中化学课程”“学习任务”等体现课程标准栏目设置特色的专用词,“选择性必修课程”“学业质量标准”“学科核心素养”三个本次改革中出现的课程新词都表现出重要的地位。

(2) 新课标主要从学科与通用两大视角体现核心素养。学科核心素养角度,“性质”“反应”“结构”“实验”和“探究”五大词语词频较高,凸显新课标对“宏观辨识”“微观探析”“变化观念”“科学探究”的重视;通用核心素养角度,新课标主要支持“科学精神”“实践创新”“学会学习”三方面。

本研究对数据的解读,可供化学教育研究者和一线教师参考,但是更深入的课程标准研究还有待于通过课标制订者访谈、配套教科书的内容分析以及具体的实施环节进行探讨,有待于挖掘出更丰富的证据。

(上接第6页)

虽然关键能力能够体现核心素养的某些内容,但是前文已经充分论证关键能力并不是核心素养的全部。由于关键能力更加具体,因此教师更好操作,但是应当避免唯关键能力的倾向,在教学之中除了关注关键能力的培养,也要关注学生的正确价值观念和必备品格,这样才能全面地落实立德树人的根本任务。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018:3.
- [2] 教育部考试中心. 2018年普通高等学校招生全国统一考试大纲(总纲)[ED/OL]. <http://gaokao.neea.edu.cn/html1/report/1712/8562-1.htm>, 2017.
- [3] OECD. The definition and selection of key competencies: Executive summary [ED/OL]. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>, 2005.
- [4] UNESCO Institute for Statistics and Center for Universal Education at the Brookings Institution. Toward universal learning: What every child should learn [ED/OL].

本研究工具由张华平的自然语言处理与信息检索共享平台(<http://www.nlpir.org/>)特别提供,在此特别感谢。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018:3.
- [2] 郑长龙. 2017年版普通高中化学课程标准的重大变化及解析[J]. 化学教育,2018,39(9):41~47.
- [3] 中华人民共和国教育部. 教育部关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见[EB/OL]. (2014-04-08)[2018-05-04] [http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s7054/201404/t20140408\\_167226.html](http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s7054/201404/t20140408_167226.html).
- [4] 朱鹏飞. 《普通高中化学课程标准(2017年版)》的主要变化——基于中学化学教师的视角[J]. 化学教学,2018,(10):10~14.
- [5] 刘庆昌. 人文底蕴与科学精神——基于《中国学生发展核心素养》的思考[J]. 教育发展研究,2017,(4):35~41.
- [6] 王磊,黄丹青,陈启新. 调整焦距 更新视角——《普通高中化学课程标准(2017年版)》问题解析(上)[J]. 福建教育,2018,(11):27~29.

<https://www.brookings.edu/research/toward-universal-learning-what-every-child-should-learn/>,2013.

- [5] Mertens, D.. Schlüssel qualifikation. Thesen zur Schulung für eine moderne Gesellschaft [J]. Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt-und Berufsforschung, 1974,(7):36~43.
- [6] 尹金鑫,孙志河. 关键能力的内涵比较与反思[J]. 中国职业技术教育,2006,(12):26~27.
- [7] 林崇德主编. 21 学生发展核心素养研究[M]. 北京:北京师范大学出版社,2016:29.
- [8] 林崇德. 论学科能力的构建[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),1997,(1):5~12.
- [9] 司马兰,王后雄,王敏. 化学学科能力的基本理论问题研究[J]. 中国考试,2010,(12):3~11.
- [10] 杨玉琴. 化学学科能力及其测评研究[D]. 上海:华东师范大学博士学位论文,2012.
- [11] 陆军. 高中生化学学科能力的要素及培养策略[J]. 教学与管理,2014,(10):51~53.
- [12] 王磊,支瑶. 化学学科能力及其表现研究[J]. 教育学报,2016,(4):46~56.
- [13] 王后雄. 基于“素养为本”的高中化学学业水平考试命题研究[J]. 中国考试,2018,(1):27~38.